

# .....De veranderlijke zee in ..... het Antropoceen

*Over regime shifts, menselijk gebruik en bescherming*

**PROF.DR. H.J. LINDEBOOM**

Inaugurele rede bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar  
Mariene Ecologie aan Wageningen Universiteit op 30 oktober 2008



**WAGENINGEN UNIVERSITEIT**

**WAGENINGEN **



# De veranderlijke zee in het Antropoceen

*Over regime shifts, menselijk gebruik en bescherming*

PROF.DR. H.J. LINDEBOOM

Inaugurele rede bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar  
Mariene Ecologie aan Wageningen Universiteit op 30 oktober 2008



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

WAGENINGEN **UR**



# De veranderlijke zee in het Antropoceen

## *Over regime shifts, menselijk gebruik en bescherming*

*Meneer de Rector Magnificus, hooggeleerde collega's, studenten,  
zeer gewaardeerde familieleden, vrienden en kennissen,*

Antropoceen is een term die de Nederlandse Nobelprijswinnaar Paul Crutzen in 2002 lanceerde om aan te geven dat het gebruik van de aarde door mensen de laatste twee eeuwen zo is toegenomen dat we kunnen spreken van een nieuw geologisch tijdperk (Crutzen, 2002). In 'Het Antropoceen' is er geen plek meer op aarde waar de menselijke invloed niet waarneembaar is en zijn vele aspecten van het aardse milieu en haar functioneren door de mens beïnvloed of zelfs gedomineerd. Dat geldt ook voor de zee en de oceanen. Van de verste poolgebieden tot de diepste zeeën vinden we sporen van menselijk handelen. Toen ik in 1986 als hoofd Speciale Projecten bij het NIOZ kwam werd in één van mijn projecten op 4 km diepte in de Atlantische Oceaan een zeekomkommer gevonden die radioactief besmet was met afval uit gedumpte vaten. Gelukkig is dat dumpen van kernafval in de oceaan daarna heel snel gestopt, maar dit is één van de talloze voorbeelden dat zelfs op plaatsen ver van de bewoonde wereld menselijke invloeden te vinden zijn.

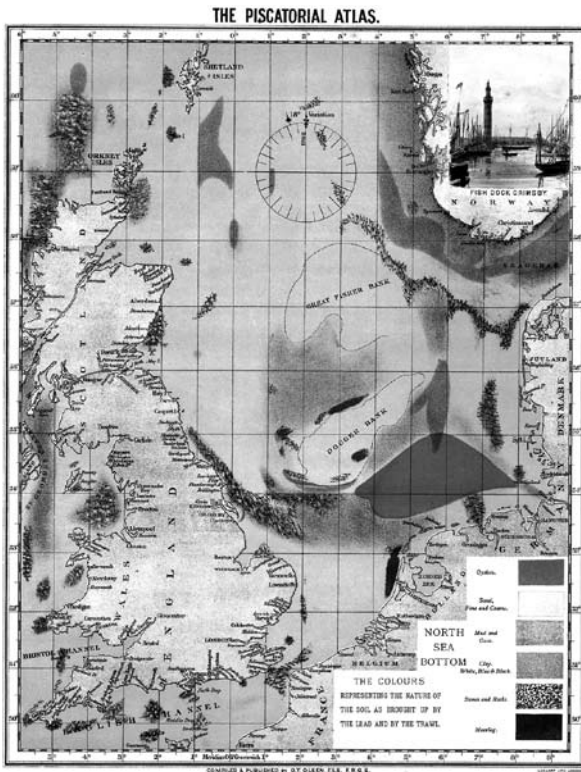
Die menselijke invloeden hebben zulke grote gevolgen dat ze nu de belangrijkste drijvende kracht in de ontwikkeling van onze aarde zijn. Paul Crutzen laat het Antropoceen twee eeuwen geleden beginnen bij de aanvang van de Industriële Revolutie, maar er zijn veel langer geleden ook al ingrepen geweest met grote gevolgen.

Reeds voor het begin van onze jaartelling groeven de Romeinen een kanaal tussen Rijn en IJssel tussen de plekken waar nu Arnhem en Doesburg liggen, de zogenaamde Drususgracht of Fossa Drusiana. Waarschijnlijk ging dit kanaal later als bovenloop van de IJssel dienst doen waardoor Rijnwater naar het noorden kon (Mulder et al. 2003.) Dit heeft vervolgens bijgedragen aan de vorming van het latere Flevomeer, gevolgd door Zuiderzee en nu IJsselmeer, een voorbeeld dat

...

menselijke acties van meer dan twee duizend jaar geleden onze zeeën en kusten al enorm beïnvloed hebben.

Een meer recent voorbeeld van grote veranderingen vinden we naar aanleiding van de Vissen Atlas van Olsen uit 1883. Op zijn bodemkaart staat boven de Nederlandse en Duitse Waddeneilanden een groot gebied rood ingekleurd.



*Figuur 1: De Noordzeebodem rond 1880. De grote donkere vlek boven de Waddeneilanden geeft de plaats aan waar in die tijd grote oesterbanken lagen (Uit: Olsen, 1883).*

In Olsen's tijd lagen hier over een oppervlak van circa 20.000 km<sup>2</sup> oesters in dichtheden die commerciële vangst zeer lonend maakten. Olsen kondigt in de begeleidende tekst al aan dat er speciale schepen voor de vangst gebouwd worden. Jarenlang zijn hier enorme hoeveelheden oesters geoogst. Maar dat hield op. Waarschijnlijk door een combinatie van overbevissing en falende voortplanting verdween de oester. Tussen de Eerste en Tweede Wereldoorlog zijn de laatste commerciële oesters gevangen en al decennia lang zijn de oesters volledig verdwenen. Alleen de naam Oestergronden herinnert nog aan die oude tijd. En vrijwel niemand weet dat hier ooit heel veel oesters lagen.

In zijn boek 'The unnatural history of the sea' beschrijft Callum Roberts (2007) hoe de zee er vroeger heeft uitgezien, de grote veranderingen die zich de afgelopen eeuwen hebben voorgedaan en het feit dat onze percepties en ideeën over de zee als het ware meebewegen met die veranderingen. Roberts noemt dat shifting baselines of schuivende referenties. Naast duidelijke gevallen als het uitsterven van Steller's zeekoe door overbejaging, geeft hij vele beschrijvingen van ontdekkingsreizigers die gigantische visvoorkomens tegenkwamen bij de kusten die zij verkenden. Bijvoorbeeld John Cabot die in 1496 ergens op de Noordkust van Canada landde en beschreef dat het er zo wemelde van de vis dat je een met een steen verzwaarde mand weer vol vis boven water kon halen. Waar vind je nu nog zulke vismassa's?

En ook het voorkomen van grote kabeljauwen of roggen voor onze eigen kust kunnen we ons nauwelijks herinneren. Door eeuwen van vissen met zeilboten, daarna stoom en in de laatste eeuw dieselmotoren en de opkomst van zeer efficiënte vistechnieken, plaatsbepaling- en sonarapparatuur heeft de techniek het ecosysteem ingehaald en is elke vis vangbaar geworden. De voortdurende extreme visserijdruk heeft tot grote verschuivingen in het mariene ecosysteem geleid. Daniel Pauly noemt dat 'langs het voedselweb naar beneden vissen' (Pauly, 2007). Eerst de grote vissen eruit, dan de middelmaat en tenslotte de kleinere. Boris Worm heeft berekend dat als we zo door gaan alle beviste soorten in 2048 vrijwel verdwenen zullen zijn (Worm e.a., 2006).

In een recent Science-artikel geven Halpern en collega's een mondiaal beeld van het cumulatieve effect van menselijke handelingen op mariene ecosystemen (Halpern e.a., 2008). Bijna geen plek is onbeïnvloed. Als we echter in meer detail

naar hun analyse van de Noordzee kijken valt op dat het noordelijk deel zeer zwaar beïnvloed is, maar bij ons voor de kust is de invloed zeer laag. Hier blijkt in dit artikel ook sprake te zijn van verschuivende referenties. Alleen de laatste 10 jaren zijn in de analyses meegenomen, logisch dat de noordelijke Noordzee met haar recent verhongerende vogels rood wordt. Maar als Halpern ook de veranderingen sinds de atlas van Olsen zou meenemen werd de hele Noordzee waarschijnlijk vuurrood. Er is sprake van enorme menselijke beïnvloeding en sterk veranderende systemen.

### **Natuurlijke variatie en niet-lineair gedrag**

Als men het boek van Roberts of het artikel van Halpern leest krijgt men de indruk dat alle grote veranderingen door de mens zijn veroorzaakt. Maar niets is minder waar, ook van nature is het ecosysteem in de zee zeer veranderlijk.

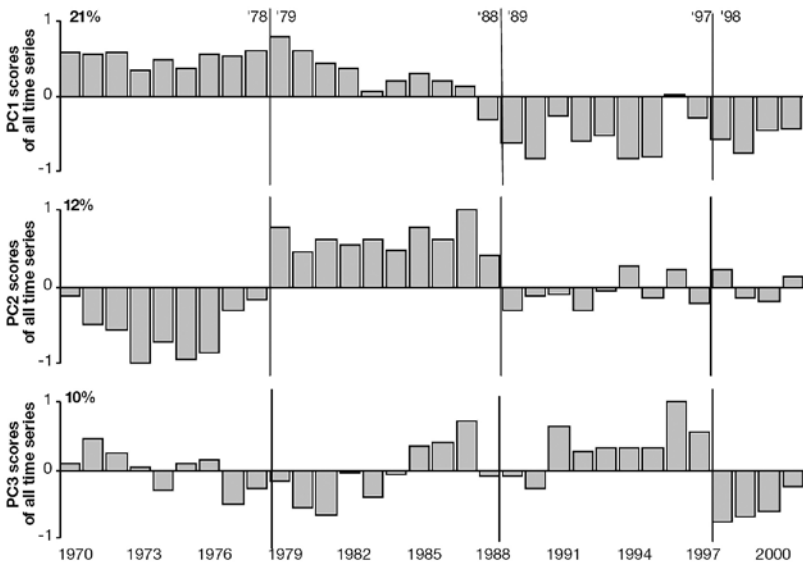
Een oud voorbeeld daarvan is de vroegere Bohuslän haringvisserij. Die speelt zich af voor de westkust van Zweden. Soms zat haring hier voor een periode van 20 tot 50 jaar in grote hoeveelheden om dan weer voor perioden van 50 tot 70 jaar te verdwijnen. Door Alheit en Hagen (2002) worden tussen het jaar 970 en 1906 negen perioden met hoge haringaantallen onderscheiden. In de lokale geschiedenis worden deze perioden gekenmerkt door grote welvaart en culturele bloei als de haring er wel was en grote armoede als de haring plotseling weer verdween. Er zijn zelfs oorlogen door ontstaan. De laatste zeven haringperioden vielen samen met relatief koude perioden in het gebied, een duidelijke aanwijzing dat er een relatie lijkt te zijn met het klimaat. Opvallend is dat de veranderingen steeds zo snel gingen.

Zelf kwam ik geheel per ongeluk achter het optreden van wat ik indertijd 'plotselinge veranderingen' noemde (Lindeboom e.a., 1994). Samen met een aantal NIOZ-collega's moest ik in 1990 een verhaal houden over het ecosysteem in de Waddenzee. Eén van mijn collega's was verhinderd, een andere werd ziek zodat ik ook hun overhead sheets heb laten zien. Toen viel mij ineens op dat in alle vertoonde dataseries plotselinge veranderingen of sprongen zaten. In dit plaatje zien we dat algen, bodemdieren en succesvolle eidereendenkuikens van het ene op het andere jaar plotseling in aantallen kunnen veranderen. En dat die veranderingen in de tijd samenvallen. In 1998 schreef John Steele over regime shifts in mariene ecosystemen. Waarna in 2000 de publicatie van Hare en Mantua verscheen over regime shifts of



abrupte ecosysteemveranderingen in 1977 en 1989 in de noordoostelijke Stille Oceaan, jaartallen die ons zeer bekend voorkwamen.

Uit een analyses van 76 dataseries, verzameld in de Noordzee en Waddenzee, hebben wij vastgesteld dat zich in 1979 en 1988 regime shifts hebben voorgedaan in onze kustzeeën (Weijerman e.a., 2005). Onze analyse duidde op synchroon verlopende regio-brede verschuivingen in aantallen of soortensamenstelling van plankton, bodemfauna, vissen, vogels en zeezoogdieren. Een vergelijking met de abiotische dataseries wees er op dat deze regime shifts gerelateerd zijn aan veranderend zoutgehalte, temperatuur en/of weercondities.



*Figuur 2: De resultaten van een Principle Component Analysis van 76 dataseries verzameld in Noordzee en Waddenzee, die aangeven dat er in 1978/79 en 1988/89 regime verschuivingen zijn geweest (Uit: Weijerman e.a., 2005)*

Wat daarbij opvalt is dat wij bij ons in de jaren zeventig en tachtig vrijwel dezelfde regime shifts zien als Hare en Mantua in de Stille Oceaan. Ook voor de zeeën bij Korea werden in 1976 en 1988 regime shifts gevonden (Zhang e.a., 2000). En rond 1988 verdwijnt de kabeljauw voor de oostkust van Noord-Amerika. Toeval? Of een aanwijzing voor een gemeenschappelijke oorzaak?

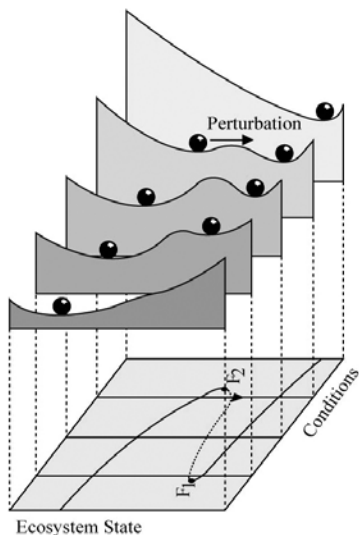
Gregory Beaugrand (2004) wijst op twee perioden met regime shifts in 1982/85 en 1987/88. Het doet zich dus vaker of over langere perioden voor, maar de grote sprongen uit de periode 1988-90 vallen toch wel erg op en duiden op een mogelijke gemeenschappelijke oorzaak.

In een artikel in *Nature* uit 2001 wijzen Marten Scheffer en co-auteurs op het optreden van regime shifts waarbij ecosystemen in alternatieve stabiele configuraties kunnen voorkomen. Zij geven voorbeelden voor meren, koraalriffen, bossen, woestijnen en ook oceanen. Met behulp van modellen laten ze zien hoe dat in z'n werk gaat (Scheffer en Carpenter, 2003). Mogelijk is hier sprake van een verschuiving tussen alternatieve stabiele situaties, waarbij externe condities invloed hebben op de veerkracht van het systeem in een bepaalde situatie. Een kleine verschuiving in de externe conditie kan dan een grote verandering naar een andere situatie tot gevolg hebben, zoals weergegeven in bijgaande figuur. Bij regime shifts in meren is een verband met gestegen temperaturen gevonden.

En dat brengt mij bij het punt: 'Hoe ontstaan regime shifts?' In onze analyses vonden we voor de verschuiving rond 1988 een duidelijke relatie met klimaatfactoren, met name temperatuur. Het is dan ook opvallend als we naar de recente publicaties van het KNMI over de temperatuur in Nederland kijken hoe ook 1988 er uit springt. Vanaf die datum zijn vrijwel alle jaren warmer dan het langjarig gemiddelde en opvallend is dat in bijgaande grafiek op één na alle lentes vanaf datzelfde jaar rood gekleurd zijn. Misschien ook een sprong in ons klimaat die vergaande gevolgen voor het zeeleven had? Ik zie het als een grote uitdaging in mijn vakgebied om hier verder onderzoek naar te doen.

In een recent artikel in *Nature* laat Cynthia Rosenzweig zien dat stijgende temperaturen al vrijwel alle ecosystemen op aarde beïnvloeden, inclusief mariene systemen,

• • •



*Figuur 3: Illustratie hoe externe condities effect kunnen hebben op de status van het ecosysteem. Bij sommige condities zijn er meerdere stabiele situaties mogelijk. (Uit: Scheffer e.a., 2001)*

en dat door de mens veroorzaakte klimaatverandering daaraan ten grondslag ligt (Rosenzweig e.a., 2008). Met de komende klimaatveranderingen staat ons dus nog heel wat te wachten en is het van groot maatschappelijk en wetenschappelijk belang om hier onderzoek naar te doen, om de veranderingen en oorzaken te leren begrijpen en waar mogelijk te voorspellen.

Maar te denken dat alleen het klimaat verschuivingen veroorzaakt, is veel te simpel. Katja Philippart heeft in een analyse laten zien dat rond 1988 ook de nutriëntensamenstelling in ons kustwater dusdanig veranderde dat het van een stikstofgecontroleerd systeem overging naar een fosfaat gecontroleerd systeem (Philippart e.a., 2000). En dat viel samen met een verandering in algensamenstelling. Ook nam rond 1988 de zandwinning in de Noordzee zeer sterk toe, wat mogelijk tot troebel water en systeemeffecten heeft geleid. Egbert van Nes en

NIOZ-collega's analyseerden een verschuiving van brokkelsterren naar moddergarnalen in 1995 in de Noordzee, waarbij door de organismen zelf veroorzaakte sedimentstabiliteit een rol kan hebben gespeeld (van Nes e.a., 2007) . Als de sedimentstabiliserende brokkelsterren eenmaal weg zijn is er mogelijk een positieve feedback zodat de moddergarnalen die minder gevoelig zijn voor instabiel sediment de overhand krijgen en houden. Een voorbeeld dat ook interacties tussen soorten een grote rol kunnen spelen bij regime shifts in zee.

Zelf heb ik de regime shift van 1978/79 ooit toegeschreven aan een grote storm die samenviel met bepaalde veranderingen in onze dataseries. Dat laatste bleek later toch te simpel en ik had de fout gemaakt het aan één oorzaak te willen toeschrijven. Het feit dat een shift zich elders ook had voorgedaan en de relatie met veranderende zoutgehalten wezen op meer mogelijke oorzaken. Misschien was de storm slechts de druppel die lokaal de verandering afdwong. De les die ik daaruit leer is dat er vele oorzaken kunnen zijn, en dat wat we zien de resultante is van een groot aantal in elkaar grijpende processen. Waarschijnlijk bevatten alle verklaringen wel een grond van waarheid. Mijns inziens kunnen alleen analyses over veel langere tijden leiden tot meer begrip over het functioneren van het systeem.

Het ecosysteem in de zee is dus veel veranderlijker dan we altijd denken, het klimaat lijkt daarbij een grote rol te spelen, maar ook de mens laat zich niet onbetuigd als veroorzaker van grote veranderingen.

### **Ruimtelijk gebruik van mariene ecosystemen**

Als we kijken naar deze gebruikskaat van de Noordzee, die recent door Rijkswaterstaat is gepubliceerd, zien we dat het vreselijk druk lijkt op de zee. Vaarroutes, mijnbouwconcessies en militaire oefenterreinen schijnen om de weinige beschikbare ruimte te strijden. En de visserij is er niet eens op aangegeven want dan zou vrijwel de gehele kaart zwart worden. Maar wat betekent dit voor de ecologie van de Noordzee? De gebruiksfuncties die er op staan zijn ofwel zich verplaatsende schepen, ofwel mijnbouwinstallaties die slechts een beperkt gebied beïnvloeden ofwel terreinen waar zo nu en dan militair geoefend wordt. Op de volgende kaart zijn de effecten van menselijke handelingen ingetekend. In het Antropoceen is de mens een habitat creërend organisme geworden, ook op

. . .

Noordzeeschaal. De belangrijkste invloed is de boomkorvisserij die met zijn grote aantal zware wekkerkettingen de zeebodem als het ware omploegt. Als je dat vaak genoeg doet ontstaat het zogenoemde geploegde habitat, het schuin gearceerde deel op deze kaart. Kenmerken zijn het ontbreken van bodemstructuren, een verlaagde biodiversiteit (Duineveld e.a., 2007) en het ontbreken van oudere vissen en zelfs van sommige vissoorten. Als je niet met wekkerkettingen maar bijvoorbeeld garnalenkorren, bordentrawl of pulskor vist, wordt de bodem niet zozeer geploegd maar geharkt. Het effect op de in de bodem levende organismen is minder, maar ook hier worden zich op de bodem bevindende organismen of structuren voortdurend beschadigd en beïnvloed. Door de hoge visserij-intensiteit bestaat meer dan 80% van ons deel van de Noordzee uit geploegd of geharkt habitat, en als er vis in de overige 20% te halen valt wordt ook daar wel eens gevist.

Ook mijnbouwinstallaties en windmolens vormen hun eigen habitat of leefomgeving. Op de harde substraten van de poten en palen kunnen allerlei organismen groeien die hier anders niet zouden zijn. Die harde structuren werken dus biodiversiteitverhogend. Dat lijkt onnatuurlijk in onze zanderige Noordzee maar op de oude kaart van Olsen staat voor de Hollandse kust een grof veengebied ingetekend waar vroeger zelfs hele boomstammen uit de zeebodem staken, het harde substraat van 120 jaar geleden (zie Figuur 1). Waarschijnlijk ook toen biodiversiteitverhogend. Dat veen is grotendeels weg, en nu nemen door de mens aangelegde harde structuren haar rol over.

Daarnaast mag er niet gevist worden rond mijnbouwinstallaties of in windparken. Kleine reservaatjes waarvan Gerard Duineveld en NIOZ-collega's al aantoonde dat de biodiversiteit er hoger is.

### *Maatschappelijke betekenis*

De laatste tijd neemt de maatschappelijke betekenis van mijn vakgebied sterk toe doordat het steeds drukker wordt op zee, overbevissing door blijft gaan, klimaatverandering merkbaar wordt en gebiedsbescherming hoog op de internationale agenda staat. Het ruimtegebruik op zee stijgt heel sterk. Naast traditioneel gebruik als visserij, transport, olie-, gas- en zandwinning en toerisme zijn de eerste wind-

parken gebouwd, zijn er ideeën voor grootschalige zandsuppleties en staat gebiedsbescherming hoog op de internationale agenda.

Klimaatverandering leidt nu al tot soortverschuivingen en verdediging tegen toenemende stormen en zeespiegelrijzing wordt een steeds belangrijker onderwerp. De Deltacommissie onder leiding van Cees Veerman heeft daar onlangs een lijvig rapport over uitgebracht. Men wil nu grootschalig zand gaan suppleren langs onze kust en dit zal ongetwijfeld effect hebben op de ecosystemen in de kustnabije gebieden. Nu zal het met die zeespiegelstijging voorlopig nog wel meevallen, bovendien kunnen we eerst kijken wat er de komende decennia gebeurt. Toch zal ecologisch meebewegen met de zee hoog op de agenda blijven staan en daar is onderbouwend onderzoek voor nodig. Voor de kortere termijn zullen directe effecten van temperatuurstijging en bouwen in zee tot veel grotere veranderingen leiden en dienen we daar ook veel aandacht aan te besteden.

Windparken komen er bijvoorbeeld veel sneller. De eerste twee zijn inmiddels gebouwd. Als programmacoördinator van het ecologische onderzoek in het windpark bij Egmond aan Zee heb ik redelijk inzicht in de tot nu toe gevonden effecten van zo'n park. Aalscholvers worden aangetrokken, zeekoeten en duikers lijken het minder prettig te vinden maar wennen er misschien aan. Van botsingen met vliegende vogels weten we nog onvoldoende om conclusies te kunnen trekken. Doordat de parken gesloten zijn voor de visserij zouden de effecten onder water wel eens voornamelijk uit het ontbreken van visserij-effecten kunnen bestaan. Ook zullen de palen en eventuele stortstenen voor een verhoging van de biodiversiteit zorgen, wat mogelijk ook grotere predatoren aantrekt. Waar visserij biodiversiteit-verlagend werkt, zijn windparken juist biodiversiteitverhogend, misschien een mogelijkheid voor compensatie?

We weten nog onvoldoende van het geluid onder water maar het ziet er naar uit dat zulke parken onder water wel eens oases van rust in een verder zeer druk bevaren en beviste zee zouden kunnen worden. En nu wil men doorgroeien naar 6000 MW. Afgezien van het feit of dat economisch rendabel is, wat ik vooralsnog betwijfel, is het wel noodzakelijk om bij het ontwerpen van zulke parken rekening met de ecologie te houden en daar wil ik vanuit mijn onderzoek aan bijdragen.

. . .

Recent had men vele windparkjes in alle gele vlakjes op deze Noordzeekaart gepland. Gelukkig ziet men nu in dat het beter is een paar grote parken te bouwen. Het is beter voor de scheepsveiligheid, en als ze inderdaad als reservaat dienen is het goed voor het ecosysteem en we kunnen ze misschien zo ontwerpen dat ze zo min mogelijk effecten op vogels of de visserij hebben. Ons onderzoek moet er toe bijdragen dat we de ruimtelijke planning van windparken zo ecologisch verantwoord mogelijk uitvoeren.

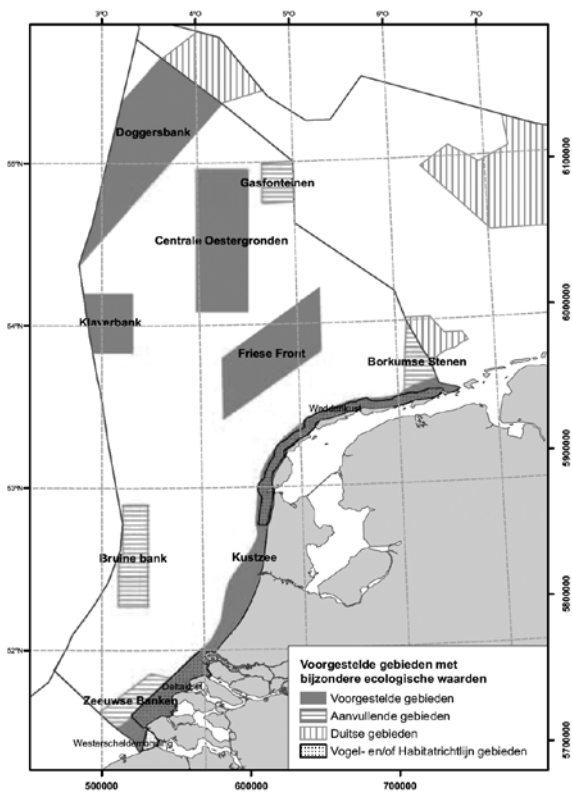
### *Gebiedsbescherming*

Ook gebiedsbescherming op open zee staat nu hoog op de internationale agenda. Op 17 juni j.l werd de EU Kaderrichtlijn Mariene Strategie gepubliceerd. Hierin staat als uitgangspunt:

‘Het mariene milieu is een kostbaar erfgoed dat moet worden beschermd, behouden en waar mogelijk hersteld, met als uiteindelijke doel handhaving van de biodiversiteit en schone, gezonde en productieve zeeën en oceanen met een rijke biodiversiteit en dynamiek. De ontwikkeling en uitvoering van de thematische strategie dienen gericht te zijn op de instandhouding van het mariene systeem. Bij die aanpak moet rekening worden gehouden met beschermde gebieden en moeten alle menselijke activiteiten aan de orde komen die gevolgen hebben voor het mariene milieu.’

Duurzaam gebruik, bescherming en de gelijkwaardige verdeling van de opbrengsten van de exploitatie van de biodiversiteit zijn ook de hoofdthema's van de Conventie voor de Biologische Diversiteit, die Nederland heeft ondertekend. Het duurzaamheidvraagstuk richt zich daarbij primair op de vraag hoe levende organismen (genen, individuen, populaties, soorten, gemeenschappen van soorten) beschermd kunnen worden, inclusief de bescherming van biodiversiteitsbepalende habitats.

Toepassing van de EU-richtlijnen zal leiden tot een betere bescherming van het mariene ecosysteem. De vraag daarbij is wat, waar, hoe beschermd moet worden. Samen met collega's van Rijkswaterstaat hebben wij de gebieden met de hoogste ecologische waarden op de Noordzee aangegeven (Lindeboom e.a., 2005). Ze staan op deze kaart. De kustzone, Doggersbank, Klaverbank, Friese Front en de al



*Figuur 4: Gebieden met bijzondere ecologische waarden die in aanmerking zouden kunnen komen voor gebiedsbescherming. (Uit: Lindeboom e.a., 2005).*

eerder genoemde Oestergronden komen om verschillende redenen in aanmerking voor bescherming. Uiteindelijk is door de Nederlandse overheid besloten een deel van deze gebieden binnenkort bij de EU aan te melden.

Maar wat moeten we nu beschermen en hoe doen we dat? Visserij is daarbij voornamelijk de menselijke activiteit die de meeste directe effecten op het systeem



heeft, en als we in de beschermde gebieden niets aan de visserij veranderen zijn deze beschermde gebieden het papier niet waard waarop ze zijn ingetekend. Reeds in 1990 heb ik er op aangedrongen 25% van de zee voor a-selectieve, bodemberoerende visserij te sluiten. Ook Daniel Pauly heeft zich daar recent weer voor uitgesproken terwijl ook op de Biodiversiteit Conventie van Johannesburg dergelijke getallen zijn genoemd. Maar zijn die gebieden wel effectief en hoe gaan we daarbij om met de waarschijnlijkheid dat de te beschermen soorten door klimaatverandering naar andere gebieden zouden kunnen migreren? Het creëren van een aansluitend netwerk van mariene beschermde gebieden is daarbij een vraagstuk op EU- en mondiaal niveau. En voor ons onderzoek ligt er de vraag wat het effect van gebiedsbescherming op de biodiversiteit en het functioneren van het mariene ecosysteem is. Ik zie dit als een grote uitdaging voor mijn vakgebied. Uit andere delen van de wereld zijn er voorbeelden dat gebiedbescherming werkt (Gell and Roberts, 2003). Nu bij ons nog.

Het visserijbeleid wil de komende jaren toe naar een ecosysteembenadering die niet alleen rekening houdt met de ontwikkeling van de doelsoorten, maar ook met de effecten van de visserij op de rest van het ecosysteem. In de Noordzee heeft de boomkorvisserij door voortdurend ploegen of harken van de bodem structureel tot veranderingen geleid. Niet alleen heeft dit geresulteerd in een evolutionaire druk naar kleinere en jonger reproducerende vissen, zoals onlangs in Science is gepubliceerd (Jørgensen et al., 2007) en vorige week door collega Rijnsdorp in zijn oratie uitgebreid aan de orde gesteld, maar ook tot veranderingen in het ecologisch functioneren van de benthosgemeenschap als geheel, bijvoorbeeld door veranderende bioturbatie. Wat moet er met deze vorm van visserij gebeuren om meer natuurlijk functionerende systemen te krijgen, en welke rol kunnen beschermde gebieden daarbij spelen? Naast een ecologisch is dit ook een belangrijk maatschappelijk vraagstuk. Ik ben niet tegen de visserij, vind vis ook heel lekker. Maar nu in de Kader Richtlijn Marien staat dat we gaan voor schone, gezonde en productieve zeeën en oceanen met een rijke biodiversiteit en dynamiek wordt het dus tijd dat we stukken zee met rust laten terwijl andere delen volop bevestigd kunnen worden. Als we dat goed doen is het waarschijnlijk dat er zelfs meer vis uit zee zal komen zoals de visserijmodellen voorspellen. Het is aan een instituut als IMARES om de bouwstenen aan te leveren voor zo'n win-win situatie.

## Visie op aandachtsvelden in het onderzoek

In mijn onderzoek wil ik mij op drie belangrijke deelgebieden richten, de dynamiek van het mariene systeem, de effecten van veranderend ruimtegebruik en governance, ofwel: hoe komen we tot een duurzaam en ecologisch verantwoord gebruik en beheer van de zee?

### *Dynamiek van het mariene systeem*

Het onderzoek naar de dynamiek van het ecosysteem richt zich op analyse van factoren die bepalend zijn voor de natuurlijke en door de mens veroorzaakte variabiliteit van het mariene ecosysteem zowel in kustwateren als in open zee.

Rond 1890 deed zich ook een grote regimeverschuiving voor. De vispopulaties in de Noordzee daalden in een paar jaar met zo'n 80% (Lundbeck in Hempel, 1978). Het ineenstorten van de visserij, met grote economische gevolgen, was mede aanleiding tot de oprichten van ICES, de International Council for Exploration of the Sea. Wat mij verontrust is dat wij na honderd jaar onderzoek nog steeds nauwelijks begrijpen waardoor de variatie in het mariene ecosysteem wordt bepaald. Op één of andere manier vergeten we al snel weer wat er in het verleden is gebeurd en zijn we onvoldoende in staat tot een integrale benadering. En daar ligt een grote uitdaging. Door zoveel mogelijk gegevens bij elkaar te brengen en ook steeds naar het verleden te blijven kijken hoop ik meer licht op het functioneren van het mariene ecosysteem op lange termijn te kunnen werpen.

Naar aanleiding van een recent artikel in Nature (Beninca e.a., 2008) over chaos in planktonsystemen waaraan ook de groep van Aquatische Ecologie en Waterkwaliteit meeschreef zei mede-auteur Jef Huisman: 'Voorspellingen in de ecologie zullen hetzelfde zijn als die voor het weer- de voorspelbaarheid is op korte termijn heel hoog, terwijl die op lange termijn vrijwel onmogelijk zijn. Dat betekent dat we lange-termijn dataseries nodig hebben om alle mechanismen te begrijpen die een rol spelen als organismen met elkaar of hun omgeving interacteren'.

Vaak werken we met een soort 'hit en run' wetenschap. Korte projecten die snel moeten scoren. Is niets mis mee, maar voor een beter inzicht in het functioneren van het zeesysteem is meer nodig. Recent stond in Wired Magazine en aangehaald

. . .

door de NRC de visie van de wetenschapsjournalist Chris Anderson dat hypothesegedreven onderzoek op zijn eind loopt en dat verzamelen en analyseren van veel lange datasets de echte antwoorden zal geven (Anderson, 2008). Nu lijkt mij dat wat erg kort door de bocht, maar ik ben wel van mening dat een goede combinatie van beide benaderingen het beste is, en dat goed toegankelijke lange termijn dataserieën een veel belangrijkere rol moeten en zullen gaan spelen.

Voor het bij elkaar brengen van data hebben wij EMIGMA (Effect Modelling Indicators, Gebruik en Management) bedacht. Hierin zijn op toegankelijke wijze data over allerlei organismen en menselijke gebruiksfuncties bij elkaar gebracht. En we kunnen hiermee trends en correlaties met verschillende technieken berekenen. Door de veranderingen te vergelijken met data uit andere zeegebieden (o.a. Duitsland) en in de noordelijke Atlantische en Stille Oceaan vergroten wij ons inzicht. Dit onderzoek zal in nauwe samenwerking met de andere leden van de leerstoelgroep Aquatische Ecologie en Waterkwaliteit worden opgepakt waarbij ik hun kennis van het zoetwatersysteem en vooral hun ervaring met diverse modellen verder wil inbrengen in analyses van het mariene systeem.

#### *Effecten van veranderend ruimtegebruik.*

Het onderzoek naar effecten van veranderend ruimtegebruik richt zich op bestudering van de ontwikkeling van mariene ecosystemen in situaties van langdurige stress, bijvoorbeeld in de vorm van exploitatiedruk of toenemend ruimtegebruik. Leidt het veranderen van de menselijke druk op het mariene ecosysteem tot aantoonbare veranderingen? Met de komst van nieuwe windparken en de instelling van te beschermen gebieden in de Noordzee in de komende vijf jaar kan het effect van veranderend ruimtegebruik in de praktijk worden onderzocht. Met behulp van modelonderzoek kunnen we vervolgens bepalen wat de effecten van verschillende soorten van gebruik op het systeem (kunnen) zijn. Als we dan weten wat de gewenste status is, geeft dit ons technieken om gebruiksgrenzen te helpen vaststellen.

#### *Governance*

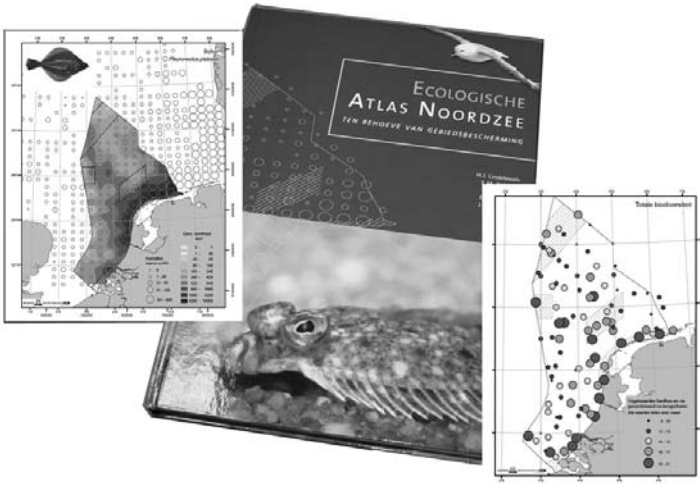
Ook aan governance, het beheer van de zee, wil ik vanuit deze leerstoel aandacht besteden, met name vanuit een ecologische invalshoek.



*Figuur 5: Windmolenparken en binnenkort in te stellen beschermde gebieden geven de mogelijkheid om het effect van veranderend ruimtegebruik op de zee te onderzoeken. (Kaart uit Integraal Beheerplan Noordzee 2015).*

Onze kennis van de zee wordt onvoldoende ingezet om tot een duurzaam omgaan met mariene systemen te komen. Duidelijke voorbeelden hiervan zijn de kokkel- en mosselvisserij in de Waddenzee. Ik heb als adviseur bij de Adviesgroep Wadden-zeebeleid, ook wel de commissie Meijer genoemd, mogen zitten en daarbij ervaren dat het best mogelijk is met een rationeel advies te komen, maar dat de implementatie daarvan moeilijk, zo niet onmogelijk is. Zo bepleitte de commissie Meijer een sterk afgeslankte vorm van mechanische kokkelvisserij (AGW, 2004). Rekening houdend met de aanwezige vogels, in jaren dat er te weinig ligt niet vissen, in jaren dat er genoeg is alleen in gebieden vissen waar dat zo min mogelijk effecten op de natuur heeft. Door juridische procedures werd vervolgens de mechanische visserij helemaal onmogelijk gemaakt, maar bleef handkokkelvisserij wel toegestaan en

werd het aantal vergunningen daarvoor zelfs uitgebreid. Nu worden flinke aantallen kokkels met de hand uit het wad geharkt, een zware bezigheid die ARBO-technisch grote vraagtekens bij mij oproept. Er zijn al weer vragen gesteld bij het effect van handkoken op de beschikbaarheid van vogelvoedsel. En recent zijn voor deze activiteit een paar gebieden bij de eilanden gesloten om vogelvoedsel te sparen. Nauwelijks anders dan door Meijer voorgesteld voor de mechanische visserij. Is het dan niet veel logischer om een goed geregleerde beperkte vorm van mechanische bevissing toe te staan i.p.v. rugbrekend pokkenwerk. En nu zit de mosselvisserij in zwaar weer. Ook daarvoor had de commissie Meijer een duurzaam recept bedacht. Laat een deel van de wilde permanent onder water liggende banken met rust, probeer de mosselvisserij zoveel mogelijk door zaad-invang te vervangen, en stem jaarlijks de visserij en handel af op de voedselbehoefte van de rest van het ecosysteem. Ook daar natuur eerst; menselijk medegebruik moet kunnen maar binnen de grenzen van het systeem. Klinkt logisch, maar ook hier is de praktijk weerbarstig. Vissers wilden alle sublitorale mosselen, LNV ging daarin mee en NGO's zagen zich gedwongen via gerechtelijke stappen het tij te keren. Gevolg: visserij volledig gestopt en grote sociale onrust in Yerseke. Kan dat niet anders? Ook hier ligt een grote uitdaging voor beleid, gebruikers en onderzoek. Het beleid moet duidelijke keuzen maken. Wat willen we met een gebied? Wildernis, arcadische natuur, gebruiksnatuur? Op land maken we die keuzen ook, willen we bos, mooie veeteelt natuur of grootschalige monocultuur? De effecten zijn duidelijk en keuzen kunnen gemaakt worden, alles op z'n plek en tijd. Voor droogvallende platen in de Waddenzee is het ook niet zo moeilijk. Kiezen we voor zandplaten, mosselbanken of gebruiksnatuur? Zulke zichtbare zaken zijn makkelijk bij politiek en het grote publiek onder de aandacht te brengen. Boven water dus wel, maar in de geulen van de Waddenzee of op open zee? Hier zien we ook de drie vormen. Op papier beschermd, zwaar bevestigd en een mijnbouwplatform. Maar van de natuur is weinig te zien. Een eindeloos voortdeinende blauwe vlakte met soms een oprijzende constructie. De onderwaternatuur is onzichtbaar, en dit is een groot probleem als je beschermingsmaatregelen politiek of maatschappelijk wilt verankeren. Uit het oog, uit het hart. Om nog eens duidelijk te maken om welke ecologische waarden het gaat hebben wij een Ecologische Atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming uitgebracht (Lindeboom e.a., 2008). En om die



*Figuur 6: De gegevens die gebruikt zijn om gebieden met bijzondere ecologische waarden aan te kunnen geven zijn overzichtelijk bij elkaar gebracht in de Ecologische Atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming (Lindeboom e.a., 2008)*

onzichtbare onderwaternatuur bij het brede publiek te brengen hebben een aantal instituten de website ZeeInZicht opgericht ([www.zeeinzicht.nl](http://www.zeeinzicht.nl)). Middels veel beeldmateriaal, filmpjes en wetenswaardigheden wordt geprobeerd ook toekomstige generaties gevoel voor die onzichtbare wereld bij te brengen. Ook hier ligt een taak voor de mariene wetenschap, onze kennis moet veel beter toegankelijk zijn, om draagvlak voor wetenschappelijk onderzoek en beheermaatregelen te houden.

We moeten er wel voor zorgen dat het systeem er nog wel is als we eindelijk begrijpen hoe het werkt.

We dienen ons te realiseren dat we met een sterk variabel ecosysteem te maken hebben. Soms valt er veel te oogsten, soms niets. Om dat in te schatten zijn goede monitoringprogramma's noodzakelijk. Hoeveel oogstbare schelpdieren zijn er en

met hoeveel predatoren moeten we rekening houden? Oogsten uit de natuur vraagt om adaptief management. Dat betekent de hoeveelheid te oogsten organismen afhankelijk laten zijn van de variabele natuur. De uitdaging voor het ecologisch onderzoek is hierbij die variabele natuur en de effecten van gebruik goed in kaart te brengen en vooral aan te geven wat de toekomstige ontwikkeling zou kunnen zijn. Hoe groot is de bandbreedte van de natuurlijke variatie? En wanneer kunnen we regime shifts verwachten? Of maakt klimaatverandering de voortplanting van mosselen veel moeilijker? Ik zie het beantwoorden van dat soort vragen als grote wetenschappelijke uitdagingen voor de mariene ecologie. De uitdaging voor de gammawetenschappen is dan om te onderzoeken hoe dit adaptief management in maatschappelijk aanvaarde en juridisch onbetwistbare regelgeving verankerd kan worden. Samen met onder andere de Environmental Policy Group van de SSG, onder leiding van Tuur Mol, hoop ik dit soort vragen aan te pakken.

De andere grote uitdaging die ik zie zijn de te beschermen gebieden op open zee (Lindeboom, 2008). Het ecologisch onderzoek zal moeten aangeven wat bescherming van biodiversiteit onder water betekent, wat het oplevert en wat je kunt doen of moet laten. De gammakant dient zich o.a. te richten op de internationale inbedding van het beheer van zulke gebieden. De EU Vogel- en Habitatrichtlijnen vormen de basis. En dat is een uiterst krakkemikkig fundament want de huidige richtlijnen zijn totaal niet toegespitst op het ecosysteem van de open zee, maar slechts op een paar (kust)soorten en fysische kenmerken. In het kader van het OSPAR-verdrag zijn veel betere criteria als biodiversiteit, zeldzaamheid, uniciteit en kwetsbaarheid vastgelegd. Maar die criteria vormen vooralsnog niet de basis voor onze gebiedsbescherming.

Het beleid wil bij gebiedsbescherming uitgaan van instandhoudingdoelen, referentiewaarden en natuurgrenzen, en vraagt aan de wetenschap die aan te geven. Maar instandhoudingdoelen zouden wel eens veel te rigide kunnen zijn in een van nature variabel systeem waar klimaatverandering forse effecten begint te krijgen. Voor natuurgrenzen geldt eigenlijk hetzelfde en een natuurlijk systeem laat zich niet zo gemakkelijk binnen grenzen vatten, tenzij die extreem wijd zijn. En welke referentiewaarden hanteren we? Gaan we terug naar 1930? Recent schreef Karsten

Reise hierover: 'Elke historische referentie is niet meer dan een verontrustend spook uit het verleden, een misleidend licht, niet waarschijnlijk ooit weer bereikt te worden zelfs als alle menselijke effecten volledig zouden worden weggenomen' (Reise et al., 2008). Ik deel die visie.

In het Antropoceen is het beter vooruit te kijken en ons te realiseren dat menselijke gebruiksvormen zich (binnen grenzen) laten reguleren en dat we daar sturing op hebben. Marien ecosysteemmanagement is het managen van mensen en menselijke handelingen, niet van ecosystemen of zeeën. Het is bij gebiedsbescherming dan misschien beter een gebruiksgesichte benadering te kiezen dan een soortgerichte benadering, zoals nu gebeurt. Wat de natuur dan doet is afwachten, maar wij kunnen wel proberen de gewenste randvoorwaarden te creëren. De taak voor ons onderzoek is dan het systeem te begrijpen, de effecten van menselijk handelen te kennen en maatschappelijk aanvaardbare scenario's voor het beleid te ontwikkelen.

### **Visie op aandachtstvelden in het onderwijs**

Ook in mijn onderwijs aan de Wageningen Universiteit wil ik de veranderlijke zee in het Antropoceen centraal stellen. Dit sluit nauw aan bij de focus van IMARES, het doen van strategisch en toegepast ecologisch zeeonderzoek gericht op duurzaam beschermen, oogsten en ruimtegebruik van zee- en kustgebieden. De ambitie van Wageningen UR om het mariene onderzoek en onderwijs een prominente plaats te geven, onder andere door het opzetten van een Master programma Management van Mariene Ecosystemen, is daarbij een grote stimulans. Het toenemende ruimtebeslag op de zee en het streven naar duurzaam gebruik en behoud vraagt om wetenschappelijke onderbouwing en experts die onze kennis kunnen omzetten in praktische toepassingen. Wageningen is bij uitstek geschikt om studenten op te leiden die kennis van het ecosysteem combineren met kennis van gebruik en beheer. Die zich realiseren dat in het Antropoceen de mens een cruciale factor in het systeem is geworden. En dat alleen een combinatie van bèta en gamma uiteindelijk tot een duurzaam gebruik van het mariene ecosysteem kan leiden. Ook de samenwerking met Van Hall Larenstein maakt het mogelijk wetenschappelijke kennis en praktische toepassing in ons onderwijs te combineren. Ook wil ik hierbij samenwerking zoeken met andere universiteiten en instituten in binnen- en buitenland.

. . .



Ik vind het van belang dat studenten leren dat wat wij waarnemen op zee het resultaat is van een combinatie van natuurlijke variabiliteit en menselijke invloeden. Lange termijn series moeten hen leren hoe het systeem zich ontwikkelt en studenten zullen de kans krijgen om middels goede dataseries als EMIGMA de lange termijn ontwikkelingen te analyseren, op zoek te gaan naar voorkomen en oorzaken van lange termijn trends en regime shifts, effecten van klimaatverandering en van de al dan niet stuurbare effecten van het menselijke omgaan met dat systeem. Daarnaast wil ik mij inzetten voor het opzetten en uitvoeren van praktische trainingen, waar mogelijk ook op zee, zodat toekomstige zee-onderzoekers ook weten hoe zeevast ze zijn.

Naast het Bachelor and Masters onderwijs wil ik ook een aantal AIO-projecten gericht op natuurlijk trends en regime shifts, effecten van gebruiksfuncties en klimaatverandering en governance opzetten en begeleiden. De eerste AIO-projecten zijn inmiddels begonnen. De grote uitdaging die ik ook daar zie is het onderzoeken en begrijpen van veranderingen in het mariene ecosysteem en de integratie van ecologische, maatschappelijke en juridische inzichten om in het Antropoceen duurzaam met het zeesysteem om te kunnen gaan.

### **Slotopmerkingen en dankwoord**

En dan ben ik hiermee toe aan het gebruikelijk slot en mijn dankwoord. Allereerst wil ik het bestuur van Wageningen Universiteit, de Rector Magnificus Martin Kropff en de benoemingscommissie bedanken voor mijn benoeming op deze buitengewone leerstoel en het in mij gestelde vertrouwen inhoud te geven aan het onderzoek en onderwijs in mijn vakgebied.

Mijn bijzondere dank gaat uit naar Wageningen IMARES, in het bijzonder haar directeur Martin Scholten die mij de gelegenheid geeft om 'in de baas z'n tijd' deze leerstoel te bezetten. Martin, jouw visie op het mariene onderzoek en onderwijs en jouw manier van leiden van dit instituut, zijn een grote stimulans voor mij. Alle IMARES-collega's, jullie zijn een geweldige steun om dit op te pakken ik zal mij extra inzetten om IMARES verder in ons vakgebied te versterken.

Bijzondere dank gaat ook uit naar mijn IMARES-collega's op Texel die met elkaar een team vormen. Betrokken, soms kritisch, stimulerend, relativerend, ludiek, maar samen staand voor hun taak, kortom, een groep waar het heerlijk in

. . .

werken is. In het bijzonder wil ik Ingrid de Raad noemen die zorgt dat ik nog iets terug kan vinden op mijn bureau, mijn kamer of in mijn computer en Michaela Scholl die mijn wanhoop over het financiële doolhof van Wageningen UR steeds weer weet te relativieren.

Ook dank ik de leden van de leerstoelgroep Aquatische Ecologie en Waterkwaliteit, in het bijzonder hun grote roerganger prof. Marten Scheffer. Ik zie geweldig uit naar verdere samenwerking met jullie en hoop dat wij er in slagen de geheimen van de variabele zee verder te ontsluiten.

Ik wil ook alle personen danken waar ik beroepsmatig de afgelopen jaren mee heb mogen samenwerken en zonder daarbij iemand te kort te willen doen wil ik hierbij Wilmar Remmelts noemen die vanuit LNV mij veel leerde over wat wel en niet haalbaar is in 'Den Haag', Henk Kouwenhoven en Rien Herber die mij inzicht gaven in hoe de industrie ook om kan gaan met onderzoek, Ben Daalder die naast verhitte discussies over visserij mij ook bewust maakt dat er meerdere kanten aan duurzame visserij zitten en Wouter van Dieren die mij dwingt om over acceptabele oplossingen te blijven nadenken.

Mijn dank gaat ook uit naar alle NIOZ-collega's waar ik gedurende de afgelopen 20 jaar mee heb samengewerkt in het beleidsgerichte onderzoek. Bijzondere dank gaat uit naar wijlen Jenne Zijlstra die mij naar Texel haalde, Egbert Duursma die mij in Yerseke de kans gaf om ook de onderwaterwereld echt te leren kennen, Jan de Leeuw die mede verantwoordelijk is voor mijn huidige carrière en Hein van Holsteijn die onze ambassadeur binnen Alterra was.

Mijn dank gaat ook uit naar allen die bijdragen aan het prachtige leven dat ik leidt.

Mijn ouders voor mijn jeugd en de niet aflatende steun om hier te komen. Opa en oma, fijn dat jullie er nog steeds bij kunnen zijn. Mijn schoonouders in Amerika, waar ik al walvis kijkend steeds weer besef wat echte natuur ook al weer is.

Dank ook aan Jacqueline en Erik Jan, mijn kinderen aan wie ik een duurzame mariene wereld hoop door te geven. Erik Jan, die nu voor studie in Australië is kan hier helaas niet bij zijn. Erik Jan, veel succes met je studie chemie in verre landen. Jacqueline en Maarten veel geluk in het Tukker land.

En last but certainly not least, Pam, mijn echtgenote en maatje. Zonder jou had ik hier nooit gestaan. Je zorgt ervoor dat ik niet helemaal verslons en ook nog oog heb voor andere dingen dan het werk, de krant of de televisie. Natuurlijk verwen je

. . .

mij veel te veel maar samenleven met jou is nooit saai en met je vele excursies breng ook jij de prachtige natuur dichterbij het brede publiek. Ik hoop dat dat nog heel lang zo door zal gaan.

En tot slot allen die hier in de zaal zitten, bedankt voor jullie komst en ik wens dat jullie nog heel lang zullen kunnen genieten van alles wat de mariene natuur ons biedt in het Antropoceen.

Ik heb gezegd.

Met dank aan Bert Jansen, Pam Lindeboom en Marten Scheffer voor hun nuttige commentaar op eerdere versies van deze inaugurele rede en aan Hans Verdaat voor de omslagfoto.

## Referenties

- Alheit, J. and Hagen, E. (2002). Climate Variability and Historical NW European Fisheries. In: Climate Development and History of the North Atlantic Realm. Eds: Wefer, G., H. Berger, K.-E. Behre and E. Jansen. Springer-Berlin. Pp: 435-445.
- Anderson, C. (2008). The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete. *Wired Magazine* 61.07. ([http://www.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb\\_theory](http://www.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb_theory))
- Beaugrand, G. (2004). The North Sea regime shift: evidence, causes, mechanisms and consequences. *Progr. in Oceanogr.* 60: 245-262.
- Beninca, E., Huisman, J., Heerkloss, R., Jöhnk, K.D., Branco, P., Nes E.H. van, Scheffer, M., Ellner S.P. (2008) Chaos in a long-term experiment with a plankton community. *Nature* 451:822-825.
- Crutzen P.J. (2002). Atmospheric Chemistry in the 'Anthropocene'. Chapter 7 in: Steffen W., Jäger J., Carson D.J. Bradshaw C. (Eds) *Challenges of a Changing Earth: proceedings of the global change open science conference*, Amsterdam, The Netherlands, 10-13 July 2001. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Duineveld, C.A., Bergman, M.J.N., Lavaleye, M.S.S. (2007). Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 899-908.
- Gell, F.R., Roberts, C.M. (2003). Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends Ecol. Evol.* 18 (9): 448-455.
- Halpern, B.S., S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C. D'Agrosa, J.F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heineman, H.S. Lenihan, E.M.P. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck, R. Watson (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319 : 938-952
- Hare, S.R. & N.J. Mantua (2000). Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Progr. In Oceanogr.* 47: 103-145.
- Hempel, G. (1978). North Sea fisheries and fish stocks- A review of recent changes. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 173: 145-167.
- Jørgensen, C., Enberg, K., Dunlop, E.S., Arlinghaus, R., Boukal D.S., Brander, K., Ernande, B., Gardmark, A., Johnston, F., Matsumura, S., Pardoe, H., Raab, K., Silva, A., Vainikka A., Dieckmann U., Heino, M., Rijnsdorp, A.D. (2007). Managing Evolving Fish Stocks. *Science* 318: 1247-1248.
- ...

- Lindeboom, H.J., van Raaphorst, W. van, Beukema, J.J., Cadée, G.C., Swennen, C. (1994). (Sudden) Changes in the North Sea and Wadden Sea: Oceanic influences underestimated? *Deutsche Hydrog. Z. Supplement* 2: 87-100.
- Lindeboom, H.J. (2000). The need for closed areas as conservation tools. In: M.J. Kaiser & S.J. de Groot (eds.). *Effects of fishing on non-target species and habitats*. Blackwell Science Ltd., Oxford. Pp: 290-302.
- Lindeboom, H.J., Geurts van Kessel, J., Berkenbosch, L. (2005). Areas with special ecological values on the Dutch Continental Shelf. Report RIKZ/2005.008. Alterra Report nr. 1203.
- Lindeboom, H.J., Dijkman, E.M., Bos, O.G., Meesters, E.H., Cremer, J.S.M., de Raad, I., Bosma, A. (2008). *Ecologische Atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming*. Wageningen IMARES. ISBN: 978-90-74549-12-7.
- Mulder F.J.de, Geluk M.C., Ritsema I.L., Westerhoff W.E., Wong T.E. (2003) *De ondergrond van Nederland*. Wolters-Noordhoff, Groningen/Houten, The Netherlands
- Nes van E.H. T. Amaro, M. Scheffer, G.C.A. Duineveld (2007). Possible mechanisms for a benthic regime shift in the North Sea. *MEPS* 330: 39-47.
- Olsen, O.T. (1883) *The Piscatorial Atlas of the North Sea*, English and St. George's Channels. Taylor and Francis, London. 50 Maps.
- Pauly, D. (2007). The Sea Around Us Project: Documenting and Communicating Global Fisheries Impacts on Marine Ecosystems. *Ambio* Vol. 36 (4): 290-295.
- Philippart, C.J.M., G.C.Cadée, W.van Raaphorst & R. Riegman. (2000). Longterm phytoplankton-nutrient interactions in a shallow coastal sea: Algal community structure, nutrient budgets, and denitrification potential. *Limnol. Oceanogr.* 45: 131-144.
- Reise, K., E. Herre, M.Sturm. (2008). Mudflat biota since the 1930s: change beyond return. *Helgol. Mar. Res.*62: 13-22.
- Roberts C.M. (2007). *The unnatural history of the sea*. Island Press, Washington, USA. Pp 435.
- Rosenzweig C., Karoly D.,Vicarelli M., Neofotis P., Wu Q., Casassa G., Menzel A.,Root T.L.,Estrella N., Seguin B., Tryjanowski P., Liu C., Rawlins S., Imeson A. (2008) Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453: 353-357.

Scheffer, M., S.R. Carpenter, J.Foley, C. Folke , B.H. Walker (2001)  
Catastro-phic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.

Steele, J.H. (1998). Regime Shifts in Marine Ecosystems. *Ecol.Appl.* 8(1),  
No.1, Supplement: Ecosystem Management for Sustainable Marine Fisheries, pp.  
S33-S36.

Weijerman, W., H.J. Lindeboom & A.Zuur (2005). Regime shifts in marine  
ecosystems of the North Sea and Wadden Sea. *Mar. Ecol. Progr. Series* 298: 21-39.

Worm, B., Barbier B.B., Beaumont N., Duffy J.E., Folke C., Halpern B.S.,  
Jackson J.B.C., Lotze H.K., Micheli F., Palumbi S.R. Sala E., Selkoe K.A.  
Stachowicz J.J., Watson R. (2006). Impacts of Biodiversity Loss on Ocean  
Ecosystem Services. *Science* 314 (5800): 787-790.

Zhang, C.I., Lee J.B., Kim S., Oh J-H. (2000). Climatic regime shifts and their  
impacts on marine ecosystem and fisheries resources in Korean waters. *Progress in  
Oceanography.* 47 (2-4): 171-190.

En voor wie meer over lange termijn effecten visserij wil weten:

Clover, C. (2005). Leeg. Hoe overbevissing ons dagelijks leven verandert.  
*Atlas*, Amsterdam/Antwerpen. Pp. 334.

Knecht, C.B. (2007) Beet! Over het leegroven van de wereldzeeën.  
Nijgh & van Ditmar, Amsterdam Pp.239.





Natuurlijke variatie en toenemend menselijk gebruik zorgen voor een snel veranderend marien ecosysteem. Opvallend zijn abrupte veranderingen of regime shifts die soms gerelateerd lijken aan klimaatveranderingen. Een wetenschappelijke kernvraag is: wat gebeurt er en wat is de oorzaak?

Verder vragen duurzame visserij, grote windparken en gebiedsbescherming om ecologische onderbouwing van integrale ruimtelijke planning en duurzaam gebruik. Besproken wordt hoe we daarop inspelen met onderzoek en onderwijs binnen Wageningen Universiteit en Wageningen IMARES.

ISBN 978-90-8585-266-7